

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2001/2002

September 2001

KIT 253 – Termodinamik Kejuruteraan Kimia

Masa : (3 jam)

Sila pastikan bahawa kertas ini mengandungi **LIMA** muka surat sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab sebarang **LIMA** soalan.

Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan, hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

Jawab tiap-tiap soalan pada muka surat yang baru.

1. (a) Satu persamaan untuk mengira kadar aliran minyak kritikal, Q_c , dalam unit cm^3s^{-1} seperti yang dicadangkan oleh Schols adalah seperti berikut:

$$Q_c = \left[\frac{k_o r_e \Delta p}{\mu_o} \right] Q_{cD} \quad (1)$$

k_o : kebolehtelapan minyak; r_e : jejari penyaliran;

Δp : perbezaan ketumpatan minyak

Q_{cD} : kadar aliran minyak kritikal tanpa dimensi dan

μ_o : kelikatan minyak

Persamaan (1) digunakan untuk mengira kadar aliran minyak kritikal bagi sesebuah model takungan. Apabila seseorang ingin mengira kadar aliran minyak yang sebenar bagi sesebuah takungan, beliau mestilah memasukkan pemalar penukaran di dalam persamaan (1). Sekiranya kadar aliran minyak diukur dalam unit tong/hari, k_o dalam unit milidarcy (md), r_e dalam unit kaki, ρ dalam unit g cm^{-3} dan μ_o dalam unit cp:

.../2-

-2-

- (i) Tunjukkan bahawa unit bagi ungkapan di sebelah kanan bagi persamaan (1) iaitu

$$\frac{\text{md kaki}^2 \text{ g cm}^{-3}}{\text{cp}} \text{ boleh ditulis dalam unit } \frac{\text{d cm atm}}{\text{cp}}$$

dan kiralah pemalar penukaran bagi proses ini.

- (ii) Dengan menggunakan nilai pemalar penukaran yang diperolehi dalam bahagian (i), kiralah pemalar penukaran bagi persamaan (1).

Nota: *Sebahagian daripada unit-unit penukaran yang mungkin berguna:*

$$\begin{aligned} 1 \text{ tong} &= 5.615 \text{ kaki}^3 & 1 \text{ kaki} &= 30.48 \text{ cm} & 1 \text{ atm} &= 14.7 \text{ lbf/in}^2 \\ 1 \text{ m} &= 1.09361 \text{ ela} & 1 \text{ kg} &= 2.20462 \text{ lbm} & 1 \text{ d} &= 1000 \text{ md} \\ 1 \text{ kg/cm}^2 &= 14.223 \text{ lbf/in}^2 \end{aligned}$$

(10 markah)

- (b) Terangkan dengan ringkas konsep enjin haba Carnot dan Diesel. Lakarkan plot P-V dan plot T-S bagi kedua-dua kitaran tersebut dan tuliskan persamaan bagi menghitung kecekapan terma bagi kedua-dua kitaran enjin haba tersebut.

(10 markah)

2. (a) Satu turus raksa untuk menyukat perbezaan tekanan sebanyak 150 kPa diletakkan di halaman sebuah bangunan. Suhu minimum di kawasan tersebut pada musim sejuk ialah 5 °F dan suhu maksimum pada musim panas ialah 95 °F. Kiralah perbezaan tinggi turus raksa tersebut pada musim panas dan perbezaan tinggi turus raksa tersebut pada musim sejuk apabila tekanan sebanyak 150 kPa disukat. Diberi takat didih air ialah 212 °F dan takat beku air ialah 32 °F. Diketahui juga bahawa perbezaan tekanan (kPa) berkadar terus dengan hasil darab ketumpatan (kg m^{-3}), pecutan graviti (9.807 m s^{-2}) dan perbezaan panjang turus (m). Sebagai maklumat tambahan, nilai ketumpatan raksa pada beberapa suhu disenaraikan di bawah (anggaplah hubungan antara perubahan ketumpatan raksa dengan perubahan suhu adalah berkadar terus).

T °C	$\rho_{\text{Hg}} (\text{kg m}^{-3})$
-10	13,620
10	13,570
30	13,521

(10 markah)

.../3-

-3-

- (b) Bermula dengan hukum kedua termodinamik, tunjukkan bahawa kriteria termodinamik untuk perubahan spontan dan keseimbangan suatu sistem tertutup pada suhu dan tekanan tetap dinyatakan sebagai.

$$(dG)_{T,P} \leq 0$$

(10 markah)

3. (a) Sebuah bekas kukuh dan tertutup berisipadu 50 L mengandungi air pada 120 °C dan 60% kualiti. Bekas tersebut kemudiannya disejukkan kepada -10 °C. Kiralah perpindahan haba yang berlaku dalam proses tersebut.

(14 markah)

- (b) Tentukan bagi setiap kes berikut sama ada air berada dalam keadaan cecair termampat (compressed liquid), wap haba lampau (superheated vapour) atau campuran wap dan cecair tepu (saturated steam). Berikan sebabnya.

(i) 160 °C, 0.4 m³ kg⁻¹

(ii) 300 °C, 0.01 m³ kg⁻¹

(6 markah)

4. (a) Gas metana berada di dalam sebuah selinder berombok pada 10 °C, 200 kPa dan berisipadu 200 L. Gas tersebut dimampatkan perlahan-lahan melalui proses isoterma sehingga tekanan akhir meningkat ke 600 kPa. Diberi nilai suhu kritikal bagi metana ialah 191.1 °C dan tekanan kritikal bagi metana ialah 1640 kPa:

(i) Tunjukkan sama ada bagi proses di atas gas tersebut boleh dianggap sebagai gas unggul ataupun tidak.

(iii) Kiralah kerja bagi proses di atas.

(10 markah)

- (b) Apakah yang dimaksudkan dengan fugasiti dan pekali fugasiti suatu gas?

Suatu gas tertentu mengikuti persamaan keadaan berikut:

$$P\bar{V} = RT + bP$$

dengan \bar{V} ialah isipadu molar dan b ialah pemalar.

- (i) Terbitkan persamaan-persamaan bagi menyatakan fugasiti dan pekali fugasiti gas tersebut.
- (ii) Tentukan fugasiti dan pekali fugasiti gas tersebut pada 25 °C dan tekanan 2 atm apabila $b = 0.0211 \text{ L mol}^{-1}$.

(10 markah)

5. (a) Disenaraikan di bawah dua persamaan untuk mengira tekanan bagi gas sahih. Tekanan, P , disukat dalam unit Pa dan pemalar gas, R , diberi dalam unit $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ dan n pula ialah bilangan mol gas tersebut. Suhu, T , dan isipadu, V , masing-masing disukat dalam unit asas S.I. Carilah unit-unit bagi pemalar a dan b dalam unit S.I.

$$(i) \quad P = \frac{RTe^{-\left(\frac{an}{VRT}\right)}}{\left(\frac{V}{n}\right) - b}$$

$$(ii) \quad P = \frac{RT}{\left(\frac{V}{n}\right) - b} - \frac{an^2}{T^{0.5}V(V + nb)}$$

(10 markah)

- (b) Suatu bahan api mempunyai komposisi seperti berikut (% jisim): 53.4% C, 37.9% O_2 , 5.6% H_2 , 0.15% S, 0.10% N_2 dan 2.9% abu. Jika bahan api ini dibakar dengan menggunakan 120% udara teori di dalam sebuah relau, tentukan nisbah udara-bahan api berdasarkan jisim.

(10 markah)

6. (a) Dengan menggunakan takrif dan hukum-hukum termodinamik, terbitkan kesamaan-kesamaan berikut:

$$(i) \quad \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

$$(ii) \quad \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V - P$$

(8 markah)

- (b) Nisbah pemampatan dalam kitaran udara-piawai Otto ialah 8. Pada mula pemampatan tekanannya ialah 0.10 MPa dan suhunya ialah 15 °C. Haba yang diserap oleh enjin daripada pembakaran bahan api ialah 1800 kJ kg⁻¹. Nilai C_v ialah 0.7165 kJ/kg K dan γ = 1.4.

- (i) Tentukan nilai tekanan dan suhu pada setiap titik kitaran Otto tersebut.
(ii) Hitunglah kecekapan terma kitaran ini.

(12 markah)

7. (a) Terangkan dengan ringkas perbezaan prinsip enjin haba dan pam haba (alat penyejuk). Tuliskan persamaan bagi menghitung kecekapan terma bagi kedua-dua alat tersebut.

(6 markah)

- (b) Suatu radas berisipadu 0.4 m³ mengandungi 2.0 kg air dan wap air pada tekanan 0.6 MPa. Kiralah

- (i) isipadu dan jisim air
(ii) isipadu dan jisim wap air

Data berikut diberikan berdasarkan Jadual Stim:
P = 0.6 MPa, T = 158.6 °C dan V_g = 0.3157 m³ kg⁻¹

(7 markah)

- (c) Sebuah enjin Carnot beroperasi di antara 380 °C dan 40 °C menghasilkan kerja sejumlah 200 kJ. Hitunglah

- (i) kecekapan terma enjin Carnot
(ii) haba yang diserap oleh enjin Carnot
(iii) haba yang dibebaskan ke takungan haba suhu rendah.

(7 markah)